

# 梅雨鋒面局部對流不穩定天氣系統的個案分析與探討

徐天佑<sup>1</sup> 曾鴻陽<sup>2</sup>

## 摘要

短時天氣的變化對航空器的起降影響甚大，而影響短時天氣的局部天氣系統有多種，且有多人研究。通常當大範圍天氣不穩定時，氣象人員很容易預知天氣系統的變化，但天氣當系統不明顯時，也會有強烈的局部天氣產生，同時也造成對飛安的嚴重威脅。本文利用對流有效位能(CAPE)、對流抑制能量(CIN)以及螺旋度(helicity)等值，作為診斷鋒面系統所伴隨局部地區中小尺度的天氣系統，是否發展的參考。

**關鍵詞：** 螺旋度、鋒面、強降水

## 一、前言

台灣地區每年5、6月為梅雨季，通常當強烈的梅雨鋒通過台灣地區時，往往帶來強風豪雨，但有時梅雨鋒面並不強烈時，也會產生短時局部地區的惡劣天氣系統，並影響機場的飛機起降。本研究利用單站探空資料計算當地的螺旋度值，並參考對流有效位能(CAPE)、對流抑制能量(CIN)等值，用以驗證局部地區的天氣系統發展。

螺旋度(H)的定義為

$$H = \iiint \mathbf{v} \cdot \nabla \times \mathbf{v} d\tau \dots\dots\dots(1)$$

$\nabla \times \mathbf{v}$ ：為相對渦度， $\mathbf{v}$ ：為風速

Woodall(1990)將局部螺旋度定義為

$$h = \mathbf{v} \cdot \nabla \times \mathbf{v} \\ = u(\partial\omega/\partial y - \partial v/\partial z) + v(\partial u/\partial z - \partial\omega/\partial x) + \omega(\partial v/\partial x - \partial u/\partial y) \dots\dots\dots(2)$$

<sup>1</sup>中國文化大學地學研究所

<sup>2</sup>中國文化大學大氣科學系

一般而言，進入風暴的空氣主要來自近地面的大氣底層，因此 Davies-Jones (1990)將螺旋度簡化成與水平渦度向量有關的計算式

$$H_{z-r}(c) = \int (v - c) \cdot \Omega_{xy} dz \quad \dots\dots\dots(3)$$

上式中  $c$  為暴風移動速度， $\Omega_{xy}$  為水平渦度向量  
 $\Omega_{xy} = -(\partial v/\partial z)i + (\partial u/\partial z)j$ 。

螺旋度值通常可用於探討強風暴的生成與發展，Lilly (1986a, 1986b)提出螺旋度數值的大小可預測超級對流胞的發生，並證明螺旋度對維持較長時間對流系統的重要性。Woodall (1990)利用觀測環境風場所計算出的螺旋度密度分布，可用於預報龍捲風。Davies-Jones (1990)則利用觀測資料，證實螺旋度值是一個可用於預報強對流系統的參數，本文也利用螺旋度值驗證與台灣局部天氣系統發展的相關個案探討。

## 二、天氣系統概述

本研究用1996年5月7日~5月8日的個案進行探討，由5月7日06UTC的地面天氣圖顯示低壓中心位於東海地區，且位於大陸地區的冷高壓系統其勢力並不強，冷鋒由東海的低壓中心向西南延伸，通過台灣北部海域，並伸展至華南一帶(如圖1所示)，因高低壓天氣系統皆不強烈，致使冷鋒前後地區的天氣現象並不明顯。而衛星雲圖顯示在華南地區冷鋒的末端，所產生的對流雲系，向東緩慢接近台灣地區(如圖2所示)。另外由板橋探空圖顯示(如圖3所示)，在5月7日00UTC地面與850hPa間有一逆溫層存，而500hPa以下的相對濕度甚大，幾乎接近百分之一百，舉升凝結高度也只有36公尺。同時在850hPa至700hPa之間有一低層噴流。05月7日00UTC探空資料CAPE以及CIN之值分別為：CAPE為  $111.5 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$ ，CIN為  $107.8 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$ ，且CAPE之值稍大於CIN之值。但至7日12UTC時CAPE之值增強為  $583.4 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$ ，CIN之值卻降為  $95.3 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$ 。由上述探空資料顯示，台灣北部地區有利於對流系統的發展。

### 三、分析與探討

1996年5月7日當一微弱鋒面由大陸華南地區南移，冷鋒所伴隨地的天氣系統並不強，在華南冷鋒末端的對流雲系形成後，向東移至台灣海峽後逐漸減弱，但當鋒面系統接近台灣地區時卻觸發對流雲系的加強發展。圖4為彭佳嶼、鞍部、新竹三地區風向、風速、溫度與降雨等變化，圖中明顯出現風場、溫度以及降雨的不連續變化，而連接彭佳嶼、鞍部、新竹三地區的細直線連線為鋒面通過三地區的時間。圖中顯示7日13UTC鋒面通過彭佳嶼地區，7日14UTC鋒面通過鞍部地區，7日15UTC鋒面通過新竹地區，當鋒面通過上述地區時因觸動有利對流系統的各項因子，導致局部天氣系統增強發展，各地降雨量加大，溫度急速下降，風切有明顯的變化等天氣現象。

另由前述斜溫圖分析，7日00UTC台灣北部地區低層大氣因有逆溫層，相對較穩定，但因逆溫層使得水氣不易擴散，致使相對濕度甚大，且由於7日00UTC及12UTC之CAPE值皆大於CIN值，有利對流雲系發展。林、曾與徐(2010)在探討梅雨前半期影響臺灣地區之強降水時，發現多雨時的螺旋度值較大，螺旋度值通常大於 $150\text{m}^2\text{s}^{-2}$ 。少雨時螺旋度值較小，通常小於 $150\text{m}^2\text{s}^{-2}$ 。本個案利用板橋探空3公里以下風場資料，將上述(3)式之螺旋度值經過計算，5月7日0000UTC的螺旋度值為 $254\text{m}^2\text{s}^{-2}$ ，5月7日1200UTC的螺旋度值為 $234\text{m}^2\text{s}^{-2}$ ，皆有利對流系統的發展。

另由上述局部螺旋度式(2)之等號右側第三項，可以看出局部螺旋度為垂直運動與垂直渦度分量的乘積，相當於正(負)渦度伴隨垂直運動可往上移動或往下移動，5月7日12UTC時當鋒面移進台灣地區之時，底層逆溫層被破壞，鋒面的上升運動將底層正渦度及水氣往上传送，因此原本由華南向東移行的雲系，移行至台灣海峽時，雲系雖然逐漸減弱，但移至台灣地區時，因受鋒面通過產生不穩定的影響，再加上地形效應，觸發各項潛在

對流不穩定因子因而爆發，且將低層正渦旋被抬升向上發展，台灣地區的對流雲系又逐漸開始加強，雖然僅僅一微弱的鋒面通過台灣北部，卻使得移至台灣北部局部地區的對流雲系，在短暫的 2 至 3 小時內降下達 50mm 的大雨。

#### 四、結論

本研究針對 1996 年 5 月 7 日~5 月 8 日個案進行探討，發現北部在短時間內所降的大雨，係當時臺灣位於鋒前潛在不穩定區，並且在臺灣上空或附近地區有鋒前低層噴流出現，且板橋探空的螺旋度值、CAPE 值皆偏高，但 CIN 值卻較低，另外主要因臺灣及附近之海域受鋒面上升運動的影響，皆有利強降雨事件發生，導致當時的局部天氣系統易被觸發，因而局部地區產生對流不穩定，激發短暫大雨的天氣現象。

#### 參考文獻

- 林信志、曾鴻陽，徐天佑，2010：梅雨前期影響臺灣之強降水分析，氣象預報與分析，204 期，34—46 頁。
- Davies-Jones R, Donald Burgess. 1990： Test of helicity as a tornado forecast parameter. Preprint of the 16th conference on severe Local Storm, Kananaskis, Alta, Canada. Amer. Meteor. Soc., 588-593.
- Lilly, D. K.,1986a： The structure, energetics and propagation of rotating convective storm. Part I： Energy change with the mean flow. J. Atmos. Sci. ,43,13—125.
- Lilly, D. K.,1986b： The structure, energetics and propagation of rotating convective storm. Part II： Helicity and storm stabilization. J. Atmos. Sci. ,43,126—140.
- Woodall, G. G., 1990： Quantitative forecasting of tornadic activity using storm-relative environmental helicity. Preprint, 16th conference on severe local storm, 311—315

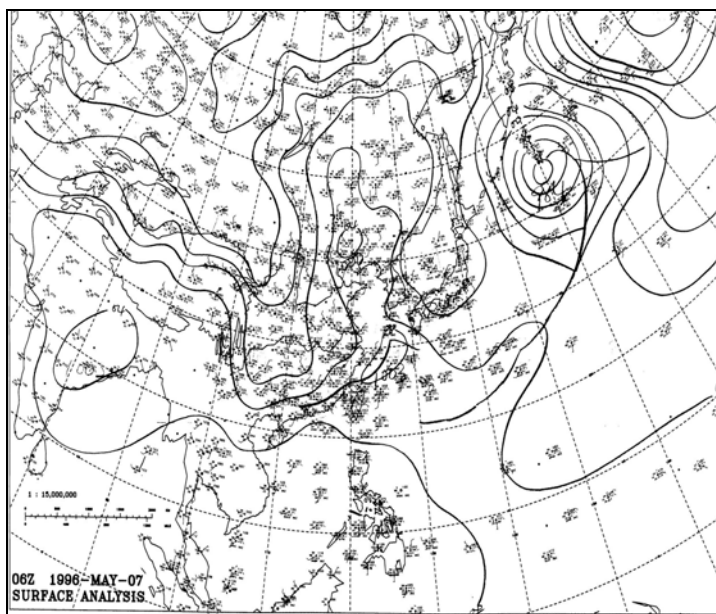
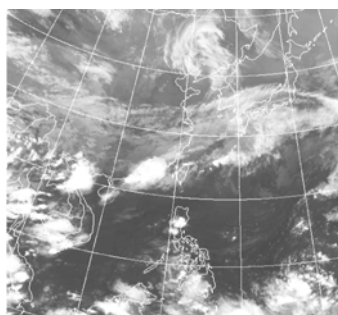
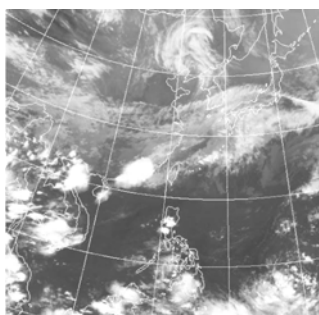


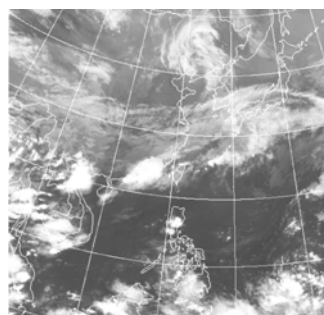
圖 1 1996 年 5 月 7 日 06UTC 地面天氣圖。



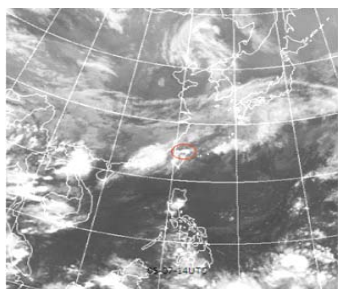
(1)7 日 11UTC



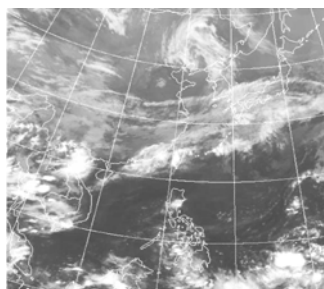
(2)7 日 12UTC



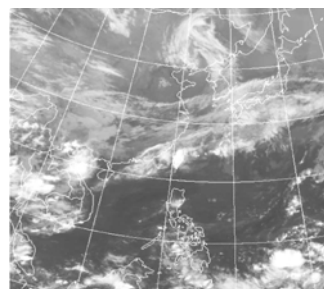
(3)7 日 13UTC



(4)7 日 14UTC



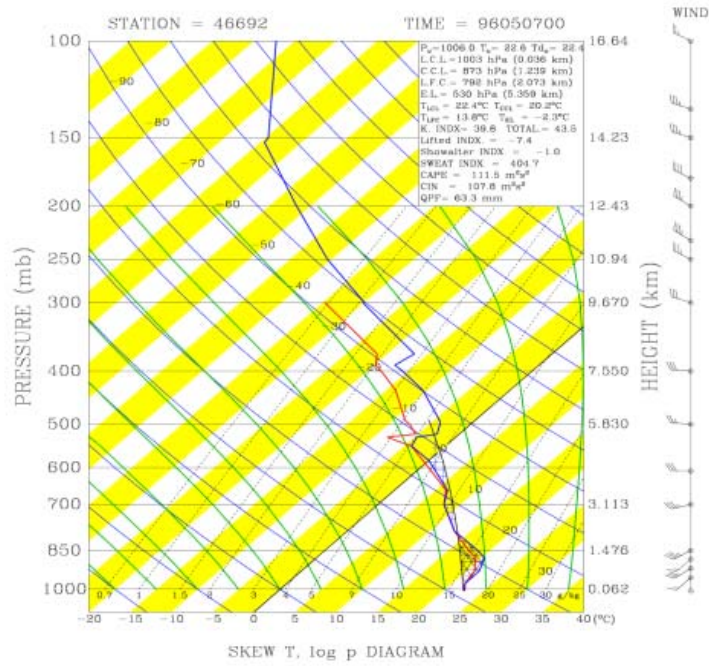
(5)7 日 15UTC



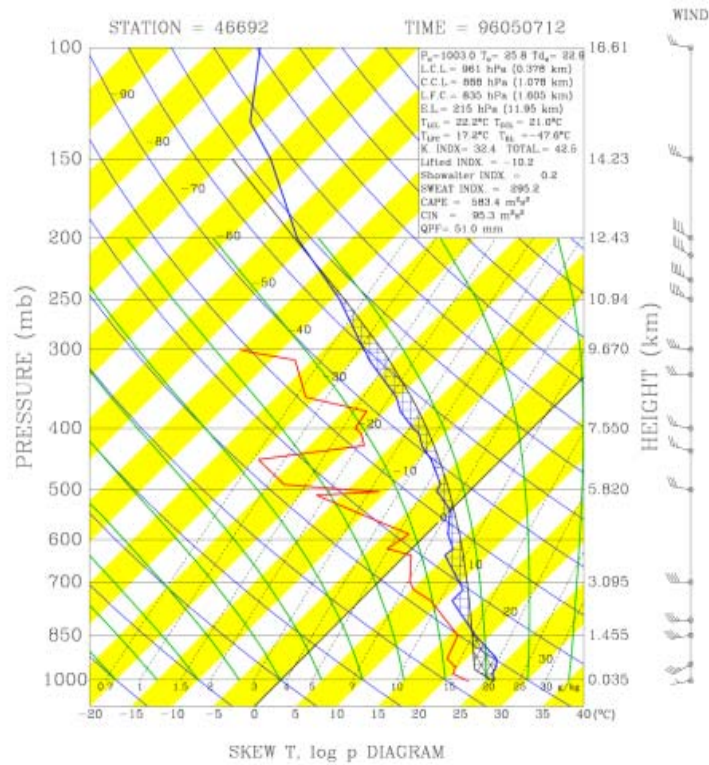
(6)7 日 16UTC

圖 2 1996 年 5 月 7 日 11UTC-16UTC 衛星雲圖。





(1) 0000UTC



(2) 1200UTC

圖3 1996年5月7日(1)00UTC及(2)12UTC板橋探空圖。

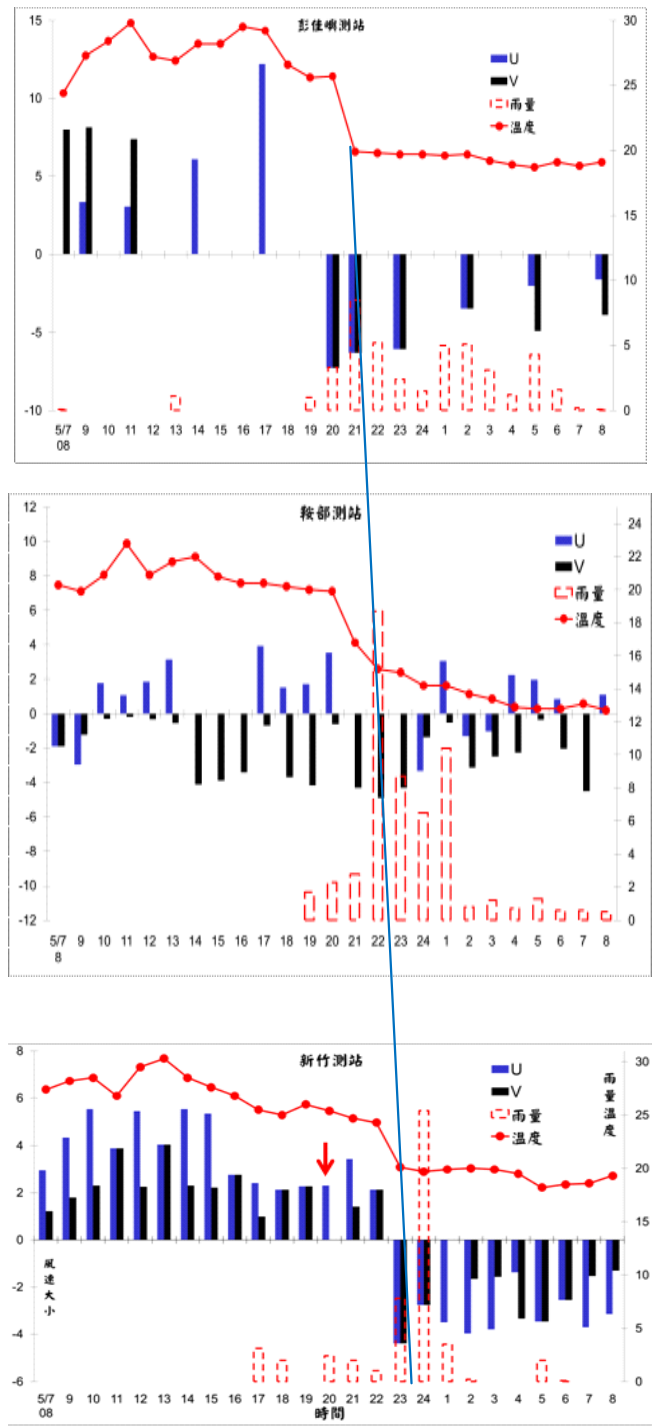


圖 4 1996 年 5 月 7 日至 8 日彭佳嶼、鞍部、新竹三地區風場、溫度以及降雨等時間變化圖，圖中之細長連線為鋒面通過的時間。